



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 196 30 173 A 1**

51 Int. Cl.⁸:
H 05 K 7/14
H 01 L 23/34

21 Aktenzeichen: 196 30 173.4
22 Anmeldetag: 26. 7. 96
43 Offenlegungstag: 29. 1. 98

DE 196 30 173 A 1

71 Anmelder:
Semikron Elektronik GmbH, 90431 Nürnberg, DE

72 Erfinder:
Blösch, Christoph, 90765 Fürth, DE; Steger, Jürgen,
91355 Hiltpoltstein, DE; Göbl, Christian, 90441
Nürnberg, DE

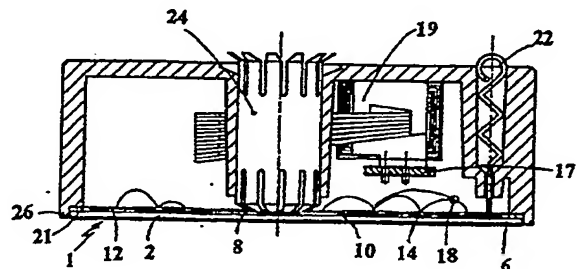
56 Entgegenhaltungen:

DE 43 10 448 C1
DE 28 49 418 C2
DE 1 95 31 498 A1
DE 44 43 498 A1
DE 41 37 200 A1
DE 36 30 830 A1
DE 35 08 456 A1
DE 91 13 498 U1

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Leistungsmodul mit Halbleiterbauelementen

57 Es wird ein Leistungsmodul, bestehend aus Halbleiterbauelementen und passiven elektronischen Bauteilen, beschrieben, das bei Druckkontaktierung aller Last- und Steueranschlüsse mit einer kundenspezifischen Leiterplatte oder ihr ähnlichen äußeren Verbindungselementen eine einfache Montage und zerstörungsfreie Demontage auf einer Kühleinrichtung mittels Verschraubung ermöglicht. Hierzu wird das Gehäuse (20) des Moduls mit Druckkontaktfedern (22, 24), die ein günstiges Relaxationsverhalten ausweisen, für alle elektrischen Anschlüsse und zur gleichmäßigen Druckverteilung versehen. Zu Prüfzwecken und im Einsatz werden die Module zwischen einem Druckstück (30) und einem Kühlkörper durch Verspannen mit mindestens einem Befestigungselement (40) funktionsfähig gestaltet.



DE 196 30 173 A 1

Die Erfindung beschreibt ein Leistungsmodul mit Halbleiterbauelementen, insbesondere ein Stromumrichtermodul nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, das für direkte Druckkontaktverbindungen aller Leistungs- und Ansteueranschlüsse mit der äußeren Verschaltung und Kontaktierung geeignet ist. Direkte Druckkontaktverbinder sind aus der Technologie der Herstellung von Halbleitermodulen als Verbindungstechnik hinlänglich bekannt. Leistungsanschlüsse für sehr große Ströme und Stromdichten werden nach dem Stand der Technik als Schraub- oder Druckkontakte stoffbündig oder durch Löten bzw. Schweißen stoffschlüssig ausgeführt. Die Integration von passiven Bauelementen, wie sie für die Komplettierung der elektronischen Schaltung ebenfalls erforderlich sind, ist wegen deren stark temperaturabhängigen Verhaltens nach dem Stand der Technik bisher kaum praktikabel.

Die Kontaktsicherheit von Leistungsmodulen ist bei Dauer- oder Wechsellastbetrieb von entscheidender Bedeutung für die Funktionssicherheit der Schaltungsanordnung. Die äußeren Anschlüsse müssen bei wechselnden thermischen und elektrischen Belastungen immer einen sicheren Kontakt zu den internen Kontaktstellen aller Anschlüsse der Schaltungsanordnung gewährleisten. Bei stoffschlüssigen Verbindungen wird durch das "Aufgehen" der Kontaktstellen und bei stoffbündigen Kontakten durch das Erlahmen der Druckkräfte eine Funktionsstörung des gesamten Moduls in realer Zeit verursacht. Zur Erzielung einer höheren Lebensdauer sind aus der Literatur zu dieser Problematik viele Beschreibungen bekannt. Um das Erreichen einer unbegrenzten Lebensdauer wird gerungen.

Zur Erzielung höchster Packungsdichten in Modulen ist zumindest ein teilweiser Druckkontakt für einzelne Schaltungsverbindungen zu realisieren und zum Erreichen einer großen Lebensdauer erforderlich. Die Technologie der Druckkontaktierung ist bedingt durch die Erfordernisse der Hermetisierung gegenüber der Atmosphäre relativ jung und in jüngster Zeit durch Schaffen aller Voraussetzungen für eine praktikierbare Technik relevant.

In DE 35 08 456 A1 wird ein Druckkontaktaufbau in seiner Anwendung bei der Herstellung von Leistungshalbleitermodulen beschrieben. Durch Verschraubungen wird die in dem Gehäuse vorhandene innere Spannkraft zum Drücken der Isolierkeramik bzw. der Leistungshalbleiter auf die Kühlfläche herangezogen. Das Nachlassen der Spannkraft des Gehäuses als Element des Druckaufbaues spricht gegen eine lange Lebensdauer der so aufgebauten Module.

In DE 41 37 200 A1 wird ein als Brückenelement ausgebildetes Gehäuse zum Druckaufbau verwendet. Die in einzelnen Teilbezirken des Brückenelementes unterschiedlichen Masseverteilungen können ein unterschiedliches Fließverhalten bei Wechselbelastung zeigen, wodurch die eingestellte Druckkraft in einzelnen Teilbezirken des Modulaufbaus verändert wird, was negative Wirkungen auf die Zuverlässigkeit haben kann.

In einer früheren Anmeldung, der DE 195 31 496, wird ein druckgebendes Gehäuse mit gleichartig ausgebildeten Drucklippen vorgestellt, wodurch bei Beachtung der übrigen Aufbauvorschriften eine gleichartige Druckverteilung auf alle Verlustwärme erzeugenden Bauteile des Moduls gegeben ist, dabei wird jedes einzelne Bauteil federnd gedrückt.

Beschreibungen von kompletten Motoransteuerun-

gen integriert mit entsprechend leistungsfähigen Stromumrichtern werden mit DE 36 30 830 A1 und in DE 44 43 498 vorgestellt, wobei in beiden Vorveröffentlichungen nicht unbedingt ein hybrider Aufbau der Einzelbauteile beschrieben wird, aber Druckkontakte sind als elektrische Verbindungen zumindest teilweise erforderlich.

Dieser Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein elektronisches Modul hoher Leistungsdichte in hybridem Schaltungsaufbau und Druckkontaktausführung mit hoher Lebensdauer und Zuverlässigkeit vorzustellen, dabei können in dem Modul neben den Leistungsschaltern weitere aktive und passive elektronische Bauelemente integriert sein.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Maßnahmen des kennzeichnenden Teiles des Anspruchs 1 gelöst, bevorzugte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Eine einfache und zerstörungsfrei wiederholbare Kontaktierung ist für Bauteile und Schaltungsanordnungen der Leistungsklasse in Stromrichtern zu bevorzugen. Zerstörungsfrei lösbare Kontaktierungen können nur stoffbündig hergestellt werden. Bei dieser Verbindungstechnik müssen für eine Schaltungseinheit sichere Kontakte gegeben sein. Einerseits werden elektrisch sichere Kontakte an allen Kontaktstellen benötigt, es muß bei der Montage folglich ein gleichmäßiger Druckaufbau erreicht werden, also eine gute Druckverteilung auf alle Druckkontaktstellen erfolgen. Andererseits muß bei der Verwendung von federnden Verbindungen an jeder einzelnen Kontaktstelle für ein dynamisches Verhalten der einzelnen gedrückten Kontaktstellen und der Druckkontaktelemente bei unterschiedlicher thermische und elektrischer Belastung gesorgt werden.

Beide Verbindungsarten dürfen bei Dauer- oder Wechselbelastung nicht ermüden, müssen also in der Konstruktion so gewählt sein, daß alle Aufbauelemente gleichartig in ihrer Lebenserwartung sind und in den Materialeigenschaften ein stabiles Langzeitverhalten unter Wechselbelastung ausweisen. In beiden Kontaktierarten ist es immer notwendig, die federnden Elemente in den Toleranzbereichen an allen Verbindungsstellen mit dem erforderlichen Anpreßdruck bei allen Betriebszuständen so zu gestalten, daß jede einzelne Kontaktstelle sicher kontaktiert wird und nicht durch sich aufbauende überhöhte Druckbelastungen an einzelnen Kontaktstellen eine mechanische Zerstörung des Aufbaus erfolgt.

Die erfindungsgemäßen Module für Leistungshalbleiterbauelemente kombinieren in sich die bekannten Kontaktierungsverfahren, die Einsatzgebiete werden erfindungsgemäß bis hin zur Leistungsklasse ausgedehnt. Der Erfindungsgedanken soll anhand der nachfolgend in Figuren veranschaulichten beispielhaften Aufbauten von Stromumrichtern näher erläutert werden.

Fig. 1 zeigt eine Skizze der drei Hauptaufbauteile eines erfinderischen Moduls.

Fig. 2 skizziert eine zweite Variante eines erfinderischen Moduls.

Fig. 3 bildet das Gehäuse eines erfinderischen Modul ab.

Fig. 4 skizziert den Querschnitt eines erfinderischen Druckstückes.

Fig. 5 zeigt den Querschnitt eines Gehäuses.

Fig. 6 erläutert den Querschnitt eines erfinderischen Modul.

Fig. 1 zeigt eine Skizze der drei Hauptaufbauteile eines erfindungsgemäßen Moduls. Eine Isolierkeramik (2) dient erfindungsgemäß als Aufbauplatte für die gesamte Schaltungsanordnung des Moduls, sie verfügt, wie hier dargestellt, über mindestens eine zentralgelegene runde Öffnung (4). In den Randbereichen (6) der Durchbohrung und der Außenkontur ist diese Keramik (2), die vorzugsweise aus Aluminiumoxid hergestellt wurde, nicht metallisiert. Alle übrigen Flächen tragen ein- oder zweiseitig Metallkaschierungen (8), vorzugsweise aus Kupfer, diese sind ein- oder beidseitig nach den elektrischen Isolationsanforderungen der Schaltungsanordnung strukturiert oder unstrukturiert.

Auf die schaltungsgerecht strukturierte Metallkaschierung (8) der Isolierkeramik (2) werden alle für den Schaltungsaufbau erforderlichen Bauelemente, wie Leistungstransistoren (10), Dioden (12), Thermistoren (14) und Shunts oder andere elektronische Bauteile (16) aufgebracht. Vorzugsweise werden die vorgenannten Bauteile nach dem Stand der Technik gelötet und sodann gebondet (18). Erfindungsgemäß sind auf der Isolierkeramik (2) nach dem Aufbau der elektronischen Bauteile (10 bis 16) genügend Flächen der strukturierten Metallkaschierung (8) vorhanden, um die Sekundärkontaktierung der äußeren Anschlüsse vornehmen zu können.

Auf die gelötete und gebondete Isolierkeramik (2) wird das erfindungsgemäße Gehäuse (20) paßgenau und orientiert aufgesetzt. Das Gehäuse wurde vor der Montage mit allen Druckkontaktfedern (22) bestückt, diese können in entsprechenden Gehäuseausbildungen eingearbeitet sein. Es ist sehr einfach, speziell angepaßte Gehäuseformen für die geplanten Kontaktfelder der Isolierkeramik zu erstellen, nachdem die Lage der Druckkontaktfedern (22) für die Schaltungsbedürfnisse entsprechend festgelegt sind. Das ist abhängig von den realisierten Sekundärverbindungselementen, beispielhaft der Lage der Leiterplatten in Relation zu dem Gehäuse (z. B. senkrecht oder parallel zur Oberfläche der Isolierkeramik).

Das Gehäuse (20) besteht aus einem druck- und thermostabilen elektrischen Isolierstoff und sitzt nach der Montage paßgenau auf dem nicht metallisierten Rand der Isolierkeramik (2) auf. Dabei ist der Gehäuserand (26) so konstruiert, daß er die Isolierkeramik umfängt, jedoch auch bei voller Druckbelastung nicht über die Kanten der unteren Isolierkeramikfläche hinausragt. Dadurch wird gewährleistet, daß bei der Anwendung des, mit dem vorgeschriebenen Drehmomentes montierten, Moduls bei elektrischem Vollast-Betrieb in jedem Falle das als Grundplatte fungierende Modulplättchen (1) einen direkten und flächigen Wärmekontakt, gegebenenfalls mittels einer Wärmeleitpaste nach dem Stand der Technik, zu dem Kühlkörper hat. Zentriert besitzt das Gehäuse eine Ausbildung in Hülseform (28), die nach dem Aufsetzen, genau wie der Gehäuserand auf dem Keramikrand, passend auf dem nicht metallisierten Rand (6) der Durchbohrung (4) der Isolierkeramik (2) mit seinen Noppen aufsitzt und die Durchbohrung (4) in gleicher Weise umfängt.

Für die spätere Montage des Moduls ist ein Druckstück (30) bei sekundärem parallelem Aufbau von Leiterplatte und Kühlkörper erforderlich. Das Druckstück ist mit einer Justieröffnung (32) versehen, um eine unverwechselbare genaue Montage zu der Lage des Gehäuses (20) mit seiner Justiernoppe (25) zu erreichen. Paßgenau zu der mindestens einen Öffnung in dem Modulplättchen (1) und der mindestens einen Hülse (28) des Gehäuses (20) besitzt das Druckstück (30) mindestens

eine Durchführungsöffnung (34) für das Befestigungselement (40). Die Durchführungsöffnung (34) ist so konstruiert, daß die erforderlichen Druckkräfte nach dem Verspannen des Moduls sicher aufgefangen werden. Das Druckstück (30) selbst ist vorzugsweise aus einem stabilen, mit Glasfasern verstärktem isolierenden Kunststoff geformt und geometrisch so gestaltet, daß es zumindest die flächige Ausdehnung der Federelemente (22 und 24) überdeckt.

Für den Einsatz wird das in Fig. 1 beschriebene Modul durch Vergießen eines Teiles des durch das Modulplättchen (1) und das Gehäuse (20) nach Zusammenfügen gebildeten Hohlraumes mittels eines Weichvergusses aus Silikonkautschuk vorbereitet. Zum Vergießen wird das Gehäuse (20) und das Modulplättchen (1) nach dem Zusammenfügen auf eine den Silikonkautschuk trennende und dichtende Unterlage positioniert, unter Druck gesetzt, mit den gemischten nicht ausgehärteten Komponenten des Zweikomponenten-Silikonkautschuks befüllt und unter Beibehalten des angelegten Druckes ausgehärtet, wodurch der Silikonkautschuk seine technologisch eingestellte Viskosität erreicht und dadurch alle Innenaufbauten hermetisiert und elektrisch voneinander und untereinander isoliert. Im druckfreien Zustand werden die Module in diesem Fertigungsgrad zum Einsatzort verbracht.

Fig. 2 skizziert eine zweite Variante eines erfindungsgemäßen Moduls. Für eine sehr große Leistungsdichte sind alle Leistungshalbleiterbauelemente (10) auf dem Modulplättchen (1) positioniert und durch Bonden (18) schaltungsgerecht untereinander verbunden. Die Isolierkeramik (2) verlötet über zwei Durchbohrungen (4), im übrigen ist der Modulplättchenaufbau analog zu dem unter Fig. 1 beschriebenen. In das Gehäuse (20) sind Druckkontaktfedern (22) für die Kontaktierung der Hilfsanschlüsse, wie Gate-, Stromsensor- oder Thermistorkontakte, und eine davon differente Druckkontaktfeder (24) für die Kontaktierung der drei Wechselstromeingänge und der Gleichstromausgänge des dargestellten Umrichters.

Zwei Noppen (25) sind in den Ecken des Gehäuses zur Justage der darauf zu positionierenden Leiterplatte, die hier nicht dargestellt ist, und alternativ zum orientierten Aufsetzen des Druckstückes (30) ausgebildet. Nach dem analog zu Fig. 1 durchgeführten Zusammenfügen und Vergießen mit Silikonkautschuk erfolgt einsatzspezifisch der weitere Aufbau. Auf das Gehäuse (20) wird die nach dem Stand der Technik vorgefertigte und bestückte starre Leiterplatte orientiert aufgelegt. In den meisten Aufbauvarianten ist die Leiterplatte aus mehreren Lagen zusammengefügt und teilweise beidseitig mit den für die Schaltung erforderlichen elektronischen Bauteilen versehen. Dabei ist der Teil der unteren Lage der Leiterplatte, der die Fläche des Gehäuses (20) aufliegend überdeckt, ohne Bauelementebestückung.

Die mittleren Lagen sind insbesondere für die Gleichstrom-Zwischenkreise in flächiger Ausführung reserviert. Die obere Bestückungslage der Leiterplatte kann insbesondere einseitig kontaktierbare Bauteile in dem Bereich der Deckfläche enthalten. Dazu sind dann in das Werkzeug zur Herstellung des Druckstückes entsprechend positionierte Erhebungen auszuarbeiten.

Durch Befestigung an einem Kühlkörper, der nicht dargestellt wurde, wird das Modul mit der Leiterplatte elektrisch schaltungsgerecht druckkontaktiert. Die Druckfedern (22 und 24) verbinden elektrisch zuverlässig alle entsprechenden Kontaktstellen des Modulplättchens (1) mit den Kontaktstellen der Leiterplatte.

Kontaktflächen mittels Verbindungselementen elektrisch leitend verbunden ist und mit einem Gehäuse (20), das für einen Druckkontakt ausgebildet ist **dadurch gekennzeichnet**, daß das Modulplättchen (1) an seinen aufbauseitigen Kontaktflächen (8) über Druckfedern (22, 24), die in einem Gehäuse (20) schaltungsgerecht positioniert sind, mit den Kontaktflächen von Leiterplatten durch Befestigungselemente (40) beim Befestigen auf Kühlflächen elektrisch verbunden und mechanisch unter Druck gesetzt wird, während das Gehäuse (20) im Verbund mit einem Druckstück (30) durch deren Formgebungen für einen parallelen Aufbau und eine gute Druckverteilung an allen Kontaktstellen sorgen.

2. Leistungsmodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Modulplättchen auf seiner Bestückungsseite aus einem strukturierten leitenden Material (8) besteht, wobei die Struktur für das Befestigen von Leistungshalbleitern wie Transistoren (10) und Dioden (12, 14), Widerständen und Sensoren (16) sowie deren schaltungsgerechte Verbindungen (18) untereinander und für die Positionierung der Kontaktfedern (22, 24) geeignet ist.

3. Leistungsmodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (20) aus einem thermoplastischen Stoff mit guter Temperaturbeständigkeit gebildet wurde, das über eine Vielzahl von Durchführungen (23, 27, 28) für das Befüllen mit einer Vergußmasse, für die Aufnahme von Druckkontaktfedern (22, 24) und mindestens ein Befestigungselement (40) verfügt, und eine druckbelastbare Oberfläche (29) besitzt.

4. Leistungsmodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Druckstück (30) aus einer mechanisch stabilen und elektrisch isolierenden Masse gebildet wurde, die paßgenau zur Oberfläche (29) des Gehäuses (20) gestaltet ist und Ausbildungen in der Form von Hülisen (38) zur elektrisch hochspannungsfest isolierten Durchführungen für Befestigungselemente (40) aufweist.

5. Leistungsmodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß alle Bauteile des Moduls, das Modulplättchen (1), das Gehäuse (20), die Druckkontaktfedern (22, 24), die Leiterplatte, der Kühlkörper und das Druckstück zerstörungsfrei demontierbar und damit auswechselbar sind.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

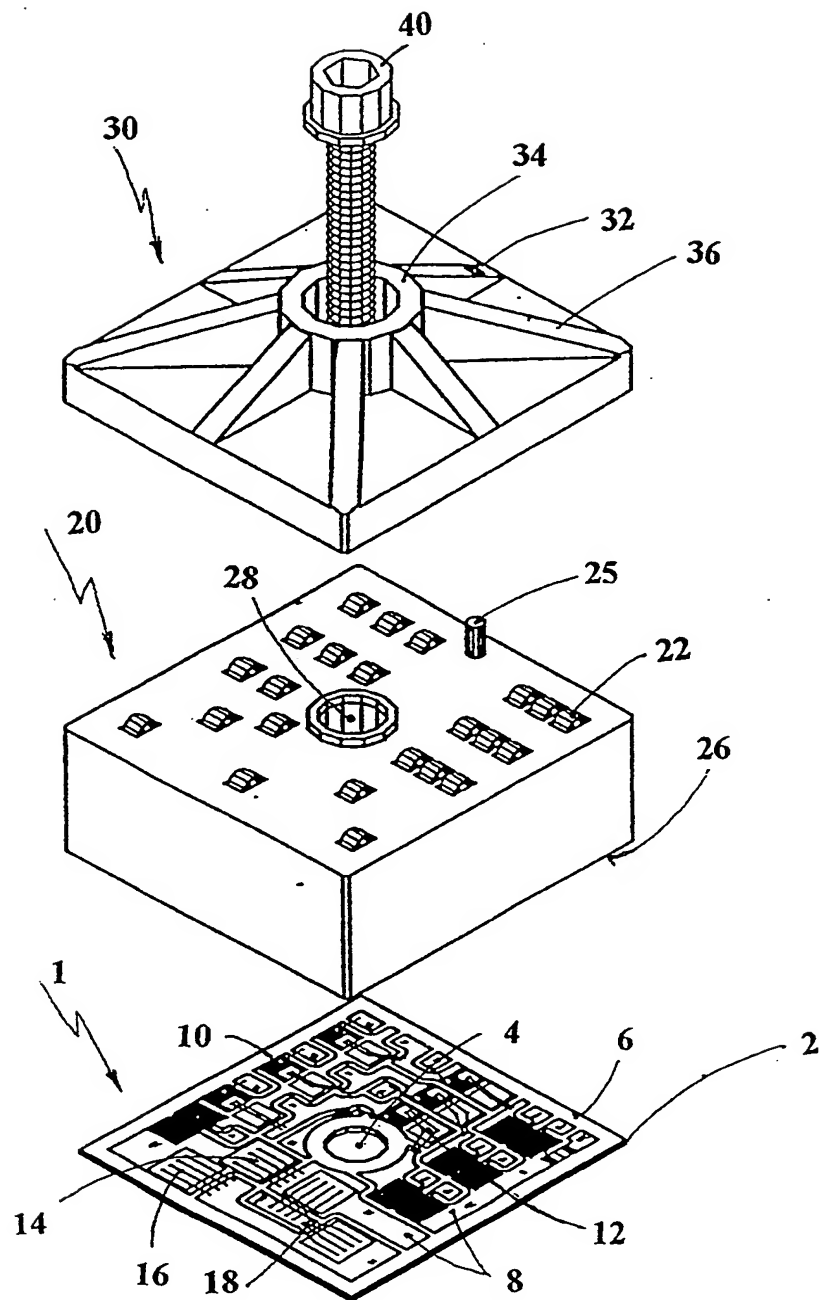


Fig. 1

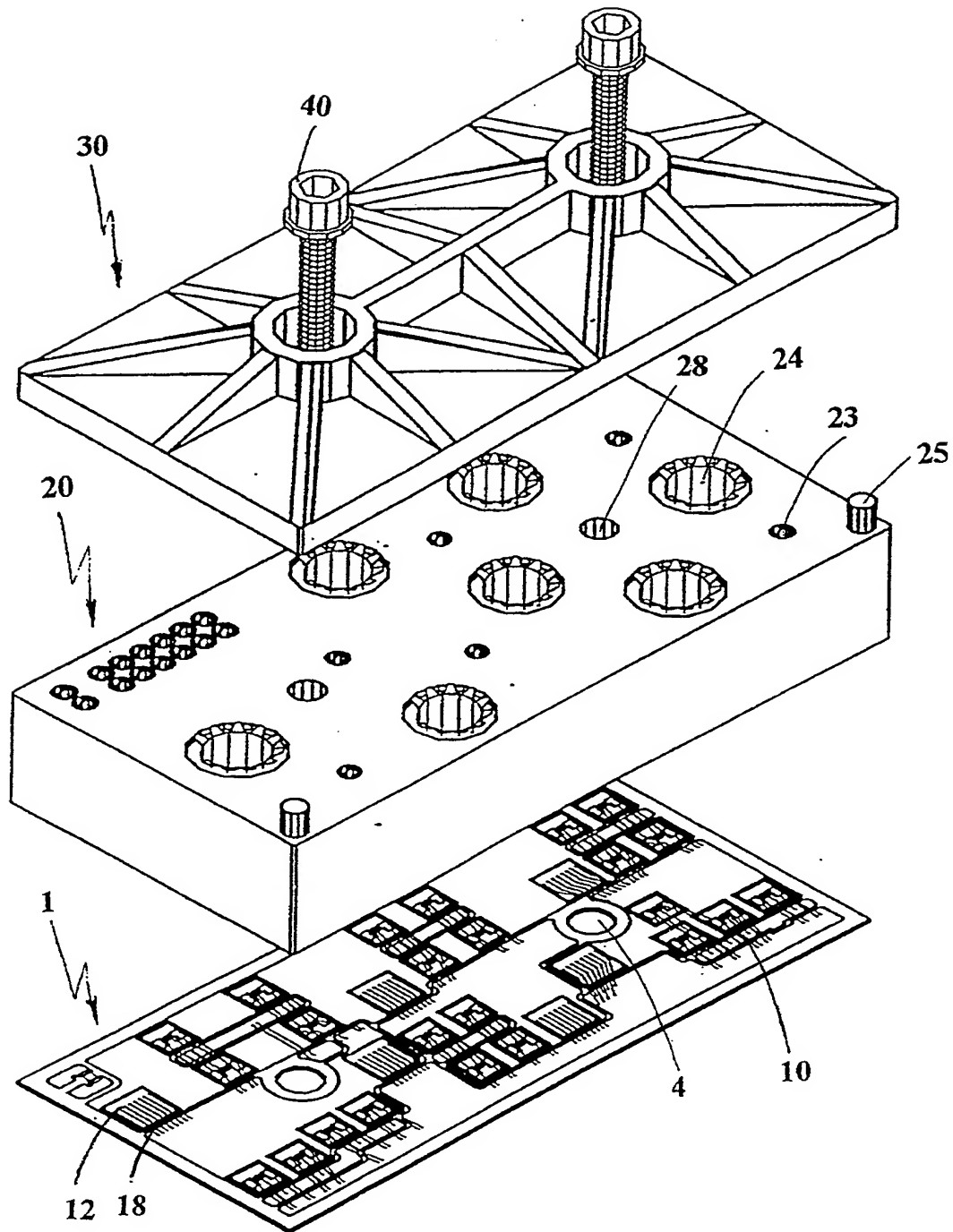


Fig. 2

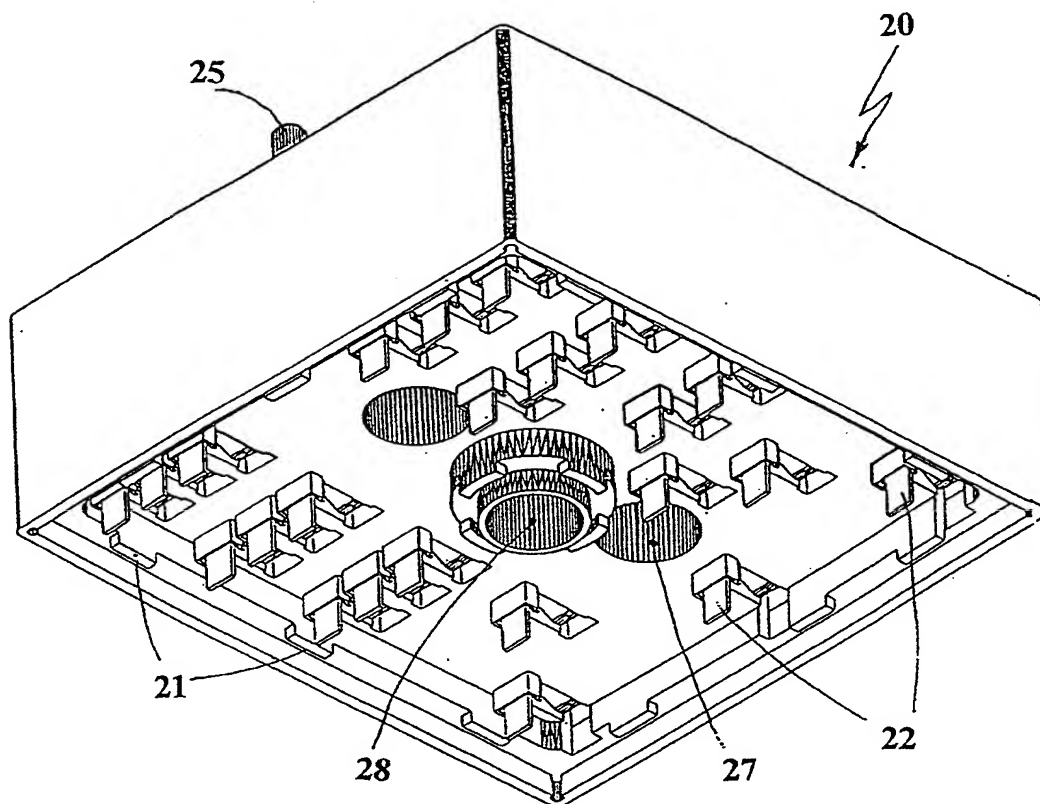


Fig. 3

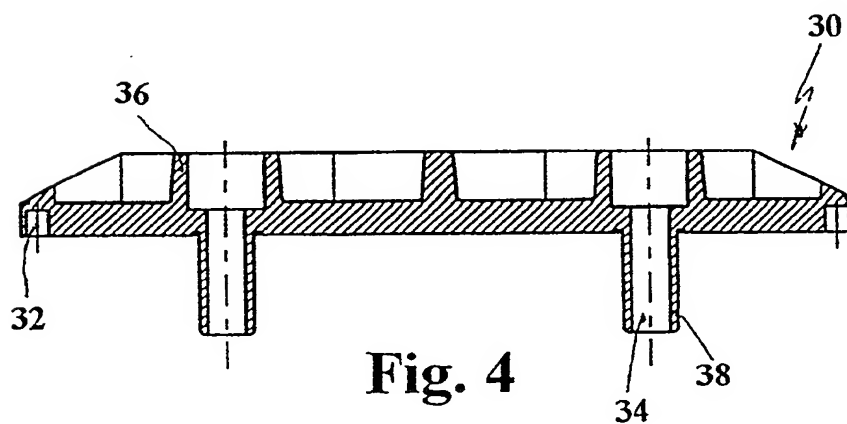


Fig. 4

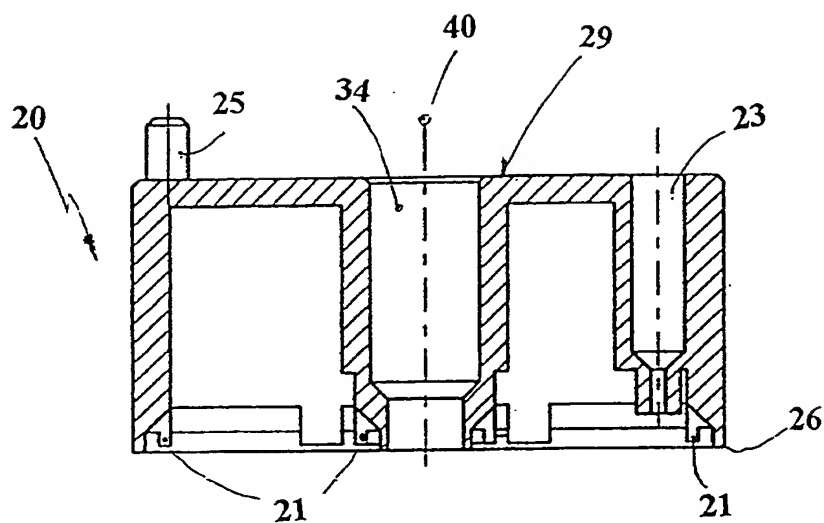


Fig. 5

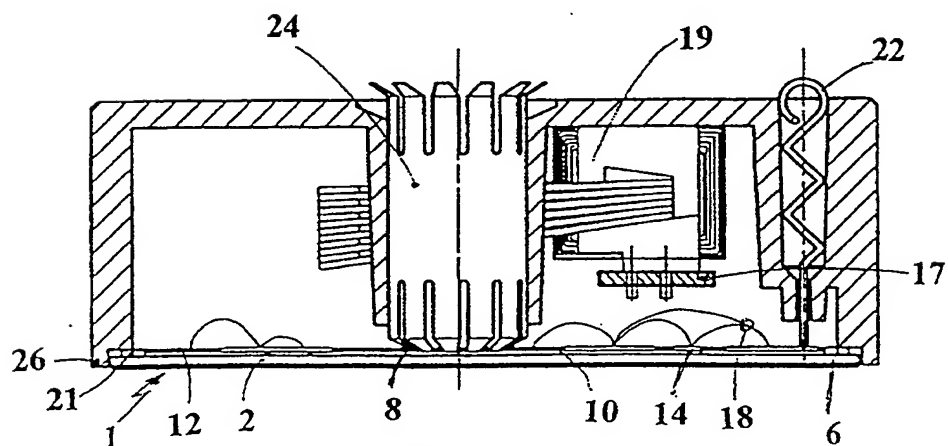


Fig. 6